

OPTIMASI DESAIN PADA DINDING *FURNACE* DENGAN TEMPERATUR KERJA 1000 °C
(Khoirudin¹, La Ode Mohammad Firman²)

PERENCANAAN SISTEM PENYEGARAN UDARA UNTUK RUANG KELAS FAKULTAS TEKNIK UTA'45 JAKARTA
(Audri Deacy Cappenberg)

DESAIN *SLIDE ADJUSTER* KURSI TRUK MENGGUNAKAN METODE TRIZ
(Choirul Anwar¹, Budhi M. S., Susanto S²)

PENGARUH PENAMBAHAN OKSIGENAT PADA SOLAR TERHADAP EMISI GAS BUANG MESIN DIESEL
(Yos Nofendri)

KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIS ANTARA TIGA PRODUK MANUFAKTUR ELEKTRODA E6013
(Basori¹, Ferry Budhi Susetyo²)

PROTOTYPE ALAT BEJANA PEMBAKARAN
(Sugeng Priyanto)



JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN

Vol.3 No.1

E - ISSN 2502-8430

Susunan Team Redaksi Jurnal Kajian Teknik Mesin

Pemimpin redaksi

Andi Saidah

Dewan Redaksi

Sri Endah Susilowati
Harini
Audri Deacy Cappenberg
Yos Nofendri
Didit Sumardiyanto

Redaksi Pelaksana

M. Fajri Hidayat

English Editor

English Center UTA`45 Jakarta

Staf Sekretariat

Dani
Suyatno

Alamat Redaksi

Program Studi Teknik Mesin universitas 17 Agustus 1945 Jakarta
Jl.Sunter Permai Raya, Jakarta Utara, 14350, Indonesia
Telp: 021-647156666-64717302, Fax:021-64717301

JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN

Vol.3 No.1

E - ISSN 2502-8430

DAFTAR ISI

OPTIMASI DESAIN PADA DINDING <i>FURNACE</i> DENGAN TEMPERATUR KERJA 1000 °C	1
(Khoirudin¹, La Ode Mohammad Firman²)	
PERENCANAAN SISTEM PENYEGARAN UDARA UNTUK RUANG KELAS FAKULTAS TEKNIK UTA'45 JAKARTA	9
(Audri Deacy Cappenberg)	
DESAIN <i>SLIDE ADJUSTER</i> KURSI TRUK MENGGUNAKAN METODE TRIZ	21
(Choirul Anwar¹, Budhi M. S., Susanto S²)	
PENGARUH PENAMBAHAN OKSIGENAT PADA SOLAR TERHADAP EMISI GAS BUANG MESIN DIESEL	30
(Yos Nofendri)	
KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIS ANTARA TIGA PRODUK MANUFAKTUR ELEKTRODA E6013	40
(Basori¹ , Ferry Budhi Susetyo²)	
PROTOTYPE ALAT BEJANA PEMBAKARAN	46
(Sugeng Priyanto)	

OPTIMASI DESAIN PADA DINDING *FURNACE* DENGAN TEMPERATUR KERJA 1000 °C

Khoirudin, La Ode Mohammad Firman

Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila

Kampus MTM-UP, Jln. Borobudur, No. 7, Jakarta Pusat-10320, Telp.(021) 31926047

E-mail: khoirudin321@gmail.com

ABSTRACT

The aims of this research is to study and analysis on furnace walls with variation of hot face lining material types, variation of refractory material types, and variation of thickness of insulating materials to outer wall temperature at furnace with working temperature 1000 °C.

This research uses a variety of hot face lining material in the form of ceramic fiber blanket with CR1260, CR1400, and CR1430, variations of refractory material in the form of refractory brick with the type NJM-20, NJM-23, and NJM-26, and using ROCKWOOL as an insulating material with a thickness variation of 50 mm, 75 mm, 100 mm. This research was simulated using Steady State Thermal ANSYS Mechanical (ANSYS Multiphysic) software.

The result of the research shows the difference of the outer wall temperature value of the furnace. The highest wall temperature is in interaction with the wall without insulation, hot face lining material using CR1260, and NJM-26 as refractory material is 75.211 °C. While the lowest wall temperature is in the interaction of 100 mm thick insulation, hot face lining material using CR1430, NJM-20 as refractory material is 46.682°C.

Keywords: *Furnace, Furnace wall, Refractory, Ansys, Furnace wall temperature, Hot face lining, Ceramic fiber blanket.*

PENDAHULUAN

Furnace adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk pemanasan. *Furnace* sering digunakan untuk ekstraksi logam dari bijih, proses pengabuan, perlakuan panas pada logam seperti *annealing*, *normalizing*, *tempering*, *galvanizing* dan proses-proses lain yang memerlukan pemanasan.

Penelitian sebelumnya tentang distribusi temperatur pada dinding *furnace* antara lain :

- a) Perancangan dan pembuatan tungku *heat treatment* (Rahmat, 2015). Tungku yang diteliti mempunyai temperatur kerja maksimal 1100 °C. Ukuran ruang bakar 20 cm x 20 cm x 20 cm. Hasil penelitian membuktikan daya listrik yang dibutuhkan untuk mencapai 1000 °C sebesar 8 kW. Beban maksimal pada dinding depan 100 °C setelah 30 menit dengan temperatur kerja ruang bakar 1000 °C.
- b) Simulasi perpindahan panas pada pintu *furnace* lapis banyak (Prasopchingchana, 2011). Bagian dalam pintu *furnace* bersentuhan dengan temperatur panas dan bagian luar bersentuhan dengan temperatur ruangan. Metode beda hingga digunakan untuk mendiskritisasi perpindahan panas konduksi pada pintu *furnace* sedangkan iterasi *Gauss-Seidel* digunakan untuk menghitung distribusi suhu pada pintu *furnace*. Hasil penelitian membuktikan terdapat gradien temperatur pada bahan yang berbeda akan memiliki nilai yang berbeda pula. Koefisien perpindahan panas lokal terjadi di bagian atas permukaan dalam pintu *furnace*, dan bagian bawah permukaan luar pintu *furnace*.
- c) Simulasi numerik perpindahan panas pada dinding tungku pembakaran lapis banyak berongga udara dengan metode beda hingga (Saiful *et al*, 2014). Metode ADI (*Alternating Directional Implisit*) digunakan untuk mendiskritasi persamaan atur konduksi dan konveksi alami pada dinding tungku pembakaran. Dari hasil penelitian

membuktikan ketebalan lapisan udara sebesar 0,05 m mempunyai kapasitas isolasi paling baik dengan koefisien perpindahan panas rata-rata sebesar 0,109 W/m²K.

Berlatar belakang beberapa referensi yang ada maka peneliti akan melakukan optimasi pada dinding *furnace* dengan melakukan variasi material *hot face lining*, variasi jenis material refraktori, dan variasi ketebalan material isolasi 50 mm, 75 mm, dan 100 mm. Dari hasil optimasi diharapkan akan menghasilkan desain *furnace* dengan temperatur dinding luar yang rendah sehingga aman untuk dioperasikan.

LANDASAN TEORI

Tanur Listrik adalah perangkat yang digunakan untuk proses perlakuan panas dengan bahan bakar listrik. Tanur listrik banyak digunakan dalam dunia industri yaitu untuk pembuatan keramik, ekstraksi logam dari bijih (*smelting*), kilang minyak, ekstraksi kimia, dan lain-lain.

Prinsip peleburan dengan tanur listrik adalah menggunakan prinsip kerja transformator yaitu kumparan primer dialiri arus AC dan kumparan sekunder yang diletakan di medan magnet kumparan primer akan menghasilkan arus induksi. Yang membedakan dengan transformator yaitu kumparan sekunder digantikan dengan bahan baku peleburan dan dirancang sedemikian rupa agar arus induksi berubah menjadi energi panas.

Perpindahan panas adalah ilmu yang meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material (Holman, 2010). Perpindahan panas ada 3 macam yaitu perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi.

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses perpindahan panas dimana kalor yang mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah dalam suatu medium (padat, cair, gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Secara umum laju perpindahan panas secara konduksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (1)$$

Keterangan :

q = Laju aliran panas konduksi (W)

k = Konduktifitas termal (W/m².°C)

A = Luas penampang (m²)

$\frac{\partial T}{\partial x}$ = Gradien temperatur terhadap penampang tersebut, yaitu suhu T terhadap jarak dalam arah aliran x.

Tanda minus menunjukan konsekuensi dari kenyataan bahwa panas mengalir kearah suhu yang lebih rendah.

Jika dalam sistem terdapat lebih dari satu macam bahan, maka dapat digambarkan sebagai analogi listrik. Maka besarnya aliran kalor pada setiap bagian adalah sama dan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$q = -k_A A \frac{T_2 - T_1}{\Delta x_A} = -k_B A \frac{T_3 - T_2}{\Delta x_B} = -k_C A \frac{T_4 - T_3}{\Delta x_C} \quad (2)$$

persamaan di atas juga dapat ditulis sebagai berikut :

$$q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\Delta x_A}{k_A A} + \frac{\Delta x_B}{k_B A} + \frac{\Delta x_C}{k_C A}} \quad (3)$$

Perpindahan panas secara konveksi adalah proses *transport* energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi

sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda dan cair atau gas. Perpindahan panas secara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahapan. Pertama, panas mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida tersebut. Kedua, partikel-partikel tersebut akan bergerak ke arah suhu yang lebih rendah dan partikel tersebut akan bercampur dengan partikel-partikel fluida lainnya.

Perpindahan panas secara konveksi dapat dikelompokkan menurut gerakan alirannya, yaitu konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Laju perpindahan panas antara suatu permukaan plat dan suatu fluida dapat dihitung dengan rumus :

$$q = hA(T_w - T_\infty) \quad (4)$$

Keterangan :

- q = Laju perpindahan panas konveksi (W)
- h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m².K)
- A = Luas penampang (m²)
- T_w-T_∞ = Beda antara suhu permukaan T_w dan suhu fluida T_∞

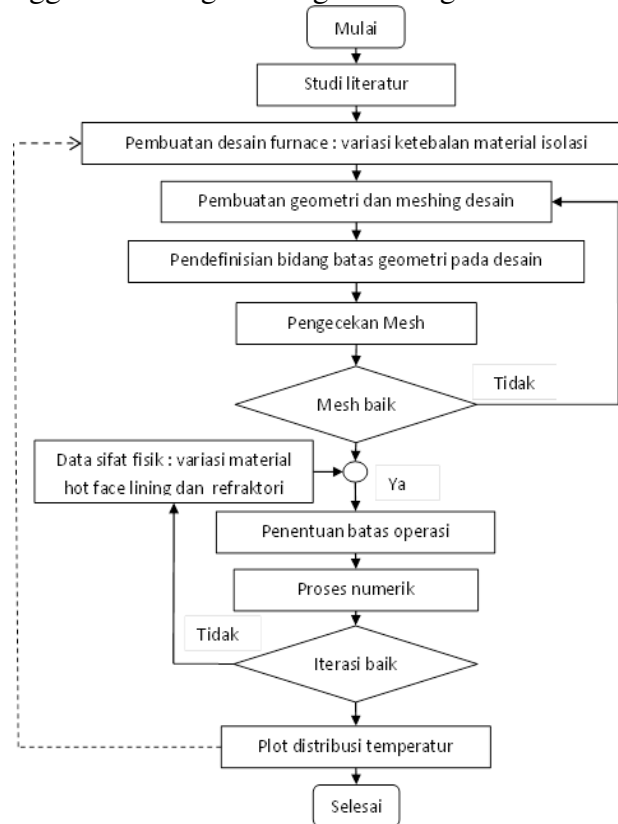
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah perpindahan panas konduksi, konveksi pada dinding *furnace* dilakukan dengan pendekatan numerik.

Penelitian ini memerlukan beberapa tahapan sebagai berikut :

- a) Pengumpulan informasi melalui studi pustaka yang berkaitan dengan desain *furnace*, komponen *furnace*, perpindahan kalor pada *furnace*. Berdasarkan studi pustaka tersebut juga ditentukan variabel-variabel apa saja yang akan digunakan untuk perhitungan.
- b) Analisis desain *furnace* sebelumnya untuk mendapatkan data yang berkaitan dengan perpindahan panas pada dinding *furnace*.
- c) Optimasi desain *furnace* yaitu sebagai berikut :
 1. Variasi jenis material *hot face lining* yaitu menggunakan material keramik fiber blanket tipe CR1260, CR1400, dan CR1430.
 2. Variasi jenis material *refractory* yaitu menggunakan bata tahan api tipe NJM-20, NJM-23, dan NJM-26.
 3. Variasi ketebalan material isolasi yaitu menggunakan material *rockwool* dengan tebal 50 mm, 75 mm, dan 100 mm.
- d) Analisa menggunakan perangkat lunak *Steady State Thermal ANSYS Mechanical (ANSYS Multiphysic)* untuk memperoleh data temperatur tertinggi pada 4 (empat) sisi dinding luar *furnace* pada kondisi tunak.
- e) Penelitian laporan.

Penelitian ini menggunakan langkah-langkah sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang melibatkan tiga faktor. Faktor A adalah perlakuan variasi tebal isolasi yaitu 50 mm, 75 mm, dan 100 mm. Faktor B adalah perlakuan variasi material *hot face lining* yaitu dengan menggunakan material keramik fiber blanket dengan jenis CR1260, CR1400, dan CR1430. Faktor C adalah perlakuan variasi jenis material refraktori yaitu menggunakan material bata tahan api dengan jenis NJM-20, NJM-23, dan NJM-26. Faktor A, B, dan C merupakan variabel bebas. Sedangkan variabel terikatnya adalah temperatur dinding luar pada *furnace*.

Simulasi perpindahan panas menggunakan perangkat lunak *Steady State Thermal ANSYS Mechanical (ANSYS Multiphysics)*.

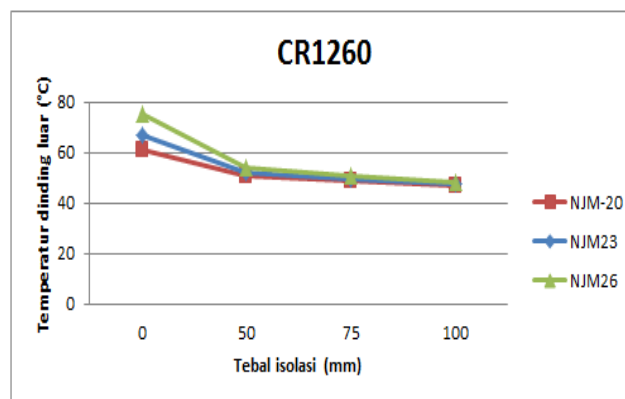
Data yang diperoleh adalah temperatur tertinggi pada 4 (empat) sisi dinding luar *furnace* pada kondisi tunak. Data temperatur dinding luar *furnace* hasil analisis dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 1 Data rata-rata hasil analisis temperatur dinding luar *furnace*

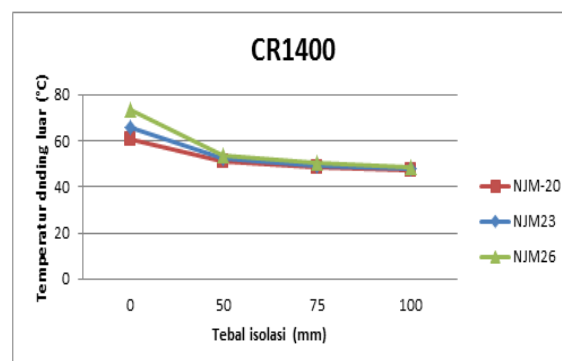
Data Temperatur Dinding Luar									
Faktor A Tebal isolasi (mm)	Faktor B Jenis material hot face lining								
	CR1260			CR1400			CR1430		
	Faktor C Jenis refraktoni			Faktor C Jenis refraktoni			Faktor C Jenis refraktoni		
	NJM-20	NJM-23	NJM-26	NJM-20	NJM-23	NJM-26	NJM-20	NJM-23	NJM-26
0	61.362	67.095	73.211	60.701	65.976	73.305	57.961	61.679	65.945
50	50.962	52.242	53.677	50.762	51.989	53.353	49.924	50.930	51.986
75	48.706	49.551	50.469	48.571	49.386	50.268	47.997	49.386	49.423
100	47.200	47.811	48.465	47.099	47.692	48.324	46.682	47.200	47.744

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa temperatur dinding luar paling tinggi terjadi pada interaksi dengan dinding tanpa isolasi, material *hot face lining* CR1260 dan material refraktori NJM-26 yaitu sebesar 75,211°C. Sedangkan temperatur dinding luar paling rendah terjadi pada interaksi tebal isolasi 100mm, jenis material *hot face lining* CR1430, dan jenis material refraktori NJM-20 yaitu sebesar 46,682°C.

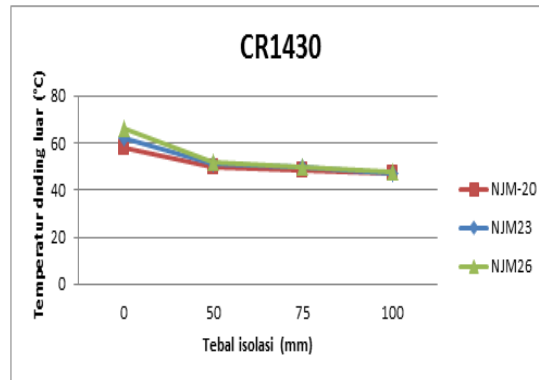
Berikut ini dapat dilihat adanya pengaruh tebal material isolasi, jenis material *hot face lining*, dan jenis material refraktori terhadap temperatur dinding luar seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2. Pengaruh variasi tebal material isolasi pada variasi material *hot face lining* CR1260 terhadap temperatur dinding luar.



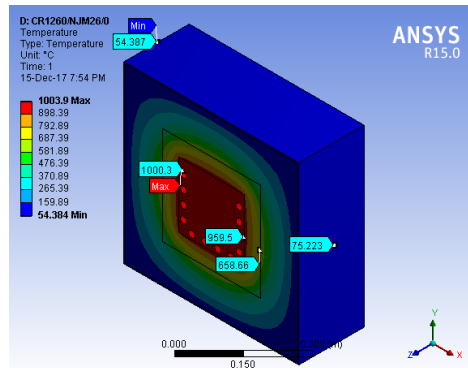
Gambar 3. Pengaruh variasi tebal material isolasi pada variasi material *hot face lining* CR1400 terhadap temperatur dinding luar.



Gambar 4. Pengaruh variasi tebal material isolasi pada variasi material *hot face lining* CR1430 terhadap temperatur dinding luar.

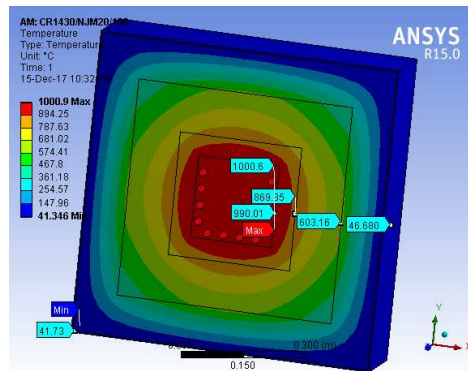
Dari gambar 2, 3, dan 4. dapat diamati bahwa semakin tebal material isolasi akan menurunkan temperatur dinding luar. Penambahan material isolasi dimaksudkan untuk mengurangi rugi kalor yang merambat pada dinding *furnace*.

Untuk lebih jelasnya profil temperatur pada dinding *furnace* dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 5. Profil temperatur pada kondisi material hot face lining CR1260, refraktori NJM-26, dan tanpa isolasi.

Gambar 5. di atas adalah visualisasi pada kondisi temperatur dinding luar paling tinggi, yaitu dengan material *hot face lining* menggunakan keramik fiber blanket dengan jenis CR1260, material refraktori menggunakan *firebrick* jenis NJM-26, dengan dinding tanpa isolasi. Perbedaan warna pada gambar di atas merupakan profil temperatur yang terjadi. Temperatur dinding luar pada gambar di atas sebesar 75,223 °C, angka ini merupakan pengambilan sampel secara acak pada area dinding mendekati area temperatur tertinggi pada dinding tersebut. Untuk data temperatur tertinggi pada area dinding tersebut dapat dilihat pada tabel 1. Sedangkan untuk temperatur dinding luar paling rendah dari hasil penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Profil temperatur pada kondisi material *hot face lining* CR1430, refraktori NJM-20, dan tebal isolasi 100 mm.

Gambar 6. di atas adalah visualisasi pada kondisi temperatur dinding luar paling rendah, yaitu dengan material *hot face lining* menggunakan keramik fiber blanket dengan jenis CR1430, material refraktori menggunakan *firebrick* jenis NJM-20, dengan tebal isolasi 100 mm. Perbedaan warna pada gambar di atas merupakan profil temperatur yang terjadi. Temperatur dinding luar pada gambar di atas sebesar 46,680 °C, angka ini merupakan pengambilan sampel secara acak pada area dinding mendekati area temperatur tertinggi pada dinding tersebut. Untuk data temperatur tertinggi pada area dinding tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Dari gambar 5 dan 6 di atas terdapat selisih temperatur sekitar 30 °C, ini membuktikan bahwa terjadi penurunan temperatur yang cukup signifikan yang dipengaruhi oleh perbedaan konduktifitas termal dari masing-masing material dan tebal isolasi pada dinding *furnace*.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Terjadi penurunan temperatur dinding luar yang dipengaruhi oleh variasi material *hot face lining* dikarenakan perbedaan konduktifitas termal pada masing-masing jenis material.
- Terjadi kenaikan temperatur dinding luar yang dipengaruhi oleh variasi material refraktori dikarenakan perbedaan konduktifitas termal pada masing-masing jenis material.
- Terjadi penurunan temperatur dinding luar yang dipengaruhi oleh variasi ketebalan material isolasi karena semakin tebal material isolasi akan semakin rendah pula temperatur dinding luar pada *furnace*.
- Hasil analisis menggunakan perangkat lunak *Steady State Thermal ANSYS Mechanical (ANSYS Multiphysics)* menunjukkan bahwa temperatur dinding luar paling tinggi terjadi pada interaksi dengan dinding tanpa isolasi, material *hot face lining* CR1260 dan material refraktori NJM-26 yaitu sebesar 75,211 °C.
- Hasil analisis menggunakan perangkat lunak *Steady State Thermal ANSYS Mechanical (ANSYS Multiphysics)* menunjukkan bahwa temperatur dinding luar paling rendah terjadi pada interaksi tebal isolasi 100 mm, jenis material *hot face lining* CR1430, dan jenis material refraktori NJM-20 yaitu sebesar 46,682 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, saiful Prasetyo, Eko B., Widodo, P. J. (2014). Simulasi Numerik Perpindahan Panas Pada Dinding Tungku Pembakaran Lapis Banyak berongga Udara Dengan Metode Beda Hingga, 1–7. Retrieved from digilib.uns.ac.id
- Holman, J. P. (2010). *Heat Transfer* (10th ed.). New York: McGraw-Hill, a business unit of The McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York,. Retrieved from www.mhhe.com
- Prasopchingchana, U. (2011). Simulation of Heat Transfer in the Multi-Layer Door of the Furnace. *Word Academy of Science, Enginnering and Technology*, 5(1), 1060–1064. Retrieved from scholar.waset.org/1999.8/1781
- Rahmat, M. R. (2015). Perancangan Dan Pembuatan Tungku Heat Treatment. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Islam* 45, 3(2), 133–148. Retrieved from <http://ejournal.unismabekasi.ac.id/>